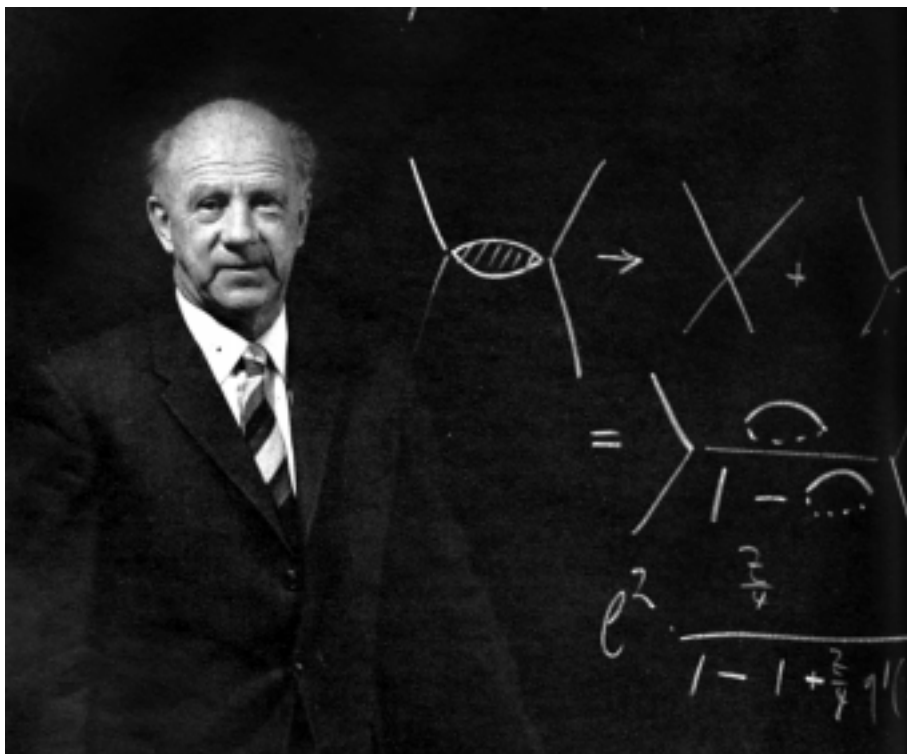


# EN BUSCA DE LA BOMBA ATÓMICA NAZI

*En busca de Klingsor.* Jorge Volpi.  
Seix Barral, Barcelona  
Premio Biblioteca Breve 1999.



Werner Heisenberg

Leí con interés y curiosidad *En busca de Klingsor*, la novela de Jorge Volpi que ganó un importante premio literario y recibió numerosos elogios de la crítica literaria. La trama está relacionada con el programa de investigación nuclear bajo el régimen de Hitler; a lo largo de la obra desfilan varios físicos famosos de este siglo. Uno de los personajes principales es un físico gringo, comisionado por el gobierno de su país justamente para averiguar hasta dónde llegaron los científicos del régimen nazi en su intento de fabricar una bomba atómica.

El talento literario del autor es manifiesto, pues la obra tiene todas las características de un *best-seller* y se lee como una verdadera novela policiaca. Está escrito, en general, en un lenguaje fluido (salvo algunos pasajes que me parecieron tediosos, pero eso es cuestión de gustos) y la trama atrapa al lector desde el principio.

En la novela, tiene un papel importante Werner Heisenberg, quien estaba efec-

tivamente a cargo del programa nuclear de los alemanes. La historia, como toda novela basada en hechos reales, mezcla realidad con ficción. Desgraciadamente, con el afán de inventar una historia que cautive al lector, el autor incurre en varias falsedades que distorsionan gravemente un episodio que ha sido suficientemente discutido en otros contextos y que él no parece conocer muy a fondo. Pero lo más lamentable es que hace insinuaciones irresponsables en contra de Heisenberg, quien, si bien se quedó a trabajar en su patria durante el régimen nazi, nunca participó en un proyecto militar; por el contrario, conscientemente o inconscientemente, jugó un papel decisivo para convencer a Hitler de que la bomba atómica era una quimera.

## LA FISIÓN NUCLEAR

Para situar el programa nuclear nazi en su contexto, es necesario describir el funcionamiento de una bomba atómica y hacer un poco de historia. Ésta em-

pieza en los años treinta, cuando los físicos descubrieron que el núcleo atómico está constituido de dos tipos de partículas, los protones y los neutrones. El número de protones (partículas cargadas eléctricamente) es el que determina la naturaleza química de un elemento, por lo que, si se lograra romper un núcleo, sería posible la transmutación de un elemento químico en otro.

El proceso de fisión nuclear consiste en que un núcleo atómico pesado, como el del uranio, se rompe en núcleos más ligeros. Cuando esto sucede, la masa total de los núcleos resultantes es siempre ligeramente menor que la masa original del núcleo de uranio. Esta diferencia de masa es la que se transforma en energía, de acuerdo con la famosa fórmula de Einstein que describe la equivalencia entre masa y energía (y que es la única "contribución" de Einstein a la bomba atómica, pero eso es otra historia).

La fisión nuclear fue descubierta experimentalmente a fines de 1938, en Ber-

lín, por Otto Hahn y su colaborador Fritz Strassmann, quienes observaron que el uranio, al absorber neutrones libres, se transformaba en elementos más ligeros. En ese mismo laboratorio berlinés había trabajado hasta unos meses antes Lise Meitner, quien había tenido que huir a Suecia debido a su origen judío. Cuando Hahn le comunicó este descubrimiento a su antigua colaboradora, ella y su sobrino Otto Frisch lo interpretaron correctamente como una fisión nuclear: el núcleo del uranio se había fragmentado al recibir el impacto de un neutrón.

Al poco tiempo, justo antes de que empezara la segunda guerra mundial, Niels Bohr y John Wheeler publicaron un artículo en el que demostraron que sólo es fisionable el núcleo del uranio 235, un isótopo del uranio común. El uranio en estado natural se encuentra compuesto principalmente de uranio 238, cuyo núcleo contiene 238 protones y neutrones, mientras que el núcleo del uranio 235 posee tres neutrones menos y es mucho más raro. Separar este isótopo es sumamente difícil, ya que los isótopos de un mismo elemento tienen propiedades químicas idénticas y, en la práctica, es necesario recurrir a métodos mecánicos para lograr la separación. El hecho es que obtener uranio 235, o "enriquecer" el uranio para aumentar la concentración del isótopo fisionable, es un proceso lento y laborioso. Otra técnica un poco más eficiente para obtener material fisionable consiste en bombardear el uranio 238 con neutrones para transmutarlo en plutonio, que es un elemento artificial fácilmente fisionable.

Cuando se fisiona un núcleo de uranio 235 emite, además dos o más neutrones que pueden golpear a otros núcleos de uranio 235 y fisionarlos. Como en cada fisión se producen en promedio más de dos neutrones, este proceso puede llevar a una *reacción en cadena*, en la que cada vez más y más núcleos se fisionan. La primera reacción en cadena fue pro-

ducida en 1942 por Enrico Fermi, en la universidad de Chicago, y la energía generada se manifestó en forma de calor radiado por la muestra de uranio; ése fue el primer reactor nuclear de la historia.

El punto esencial es que, si la cantidad de uranio es insuficiente, los neutrones producidos por las fisiones terminan por escaparse de la muestra y la reacción en cadena se apaga. Sin embargo, si se llega a acumular suficiente uranio 235, la reacción en cadena puede seguir hasta que todo el uranio en la muestra se fisione en fracciones de segundo, produciéndose súbitamente una enorme liberación de energía. Para ello se necesita juntar una masa de uranio 235 superior a lo que se llama la *masa crítica*. Éste es el principio de una bomba atómica, que los físicos de ambos bandos descubrieron justo cuando estaba empezando la guerra. Pero el punto crucial era determinar cuál es la masa crítica para producir una explosión.

En el campo de los aliados, el primer cálculo de esta masa crítica se debe a Otto Frisch y Rudolf Peierls, quienes, en 1940, estaban refugiados en Inglaterra. Ellos determinaron que unas cuantas decenas de kilogramos de uranio 235 serían suficientes para producir una bomba atómica, y fue el cálculo que determinó que los aliados iniciaran la construcción de esta arma.

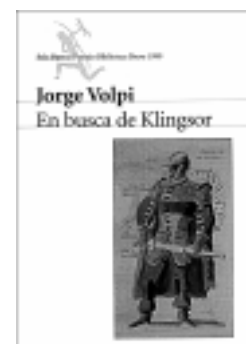
En el campo de los nazis lo que sucedió no está claro. En esa época, Heisenberg era el físico de mayor prestigio en su país, y tal parece que él también calculó esa masa crítica, pero llegó a la conclusión de que ésta debía ser de varias toneladas. Con base en este cálculo erróneo, Heisenberg convenció al gobierno nazi de que era imposible construir una bomba atómica, porque no se podría nunca reunir tal cantidad de uranio 235; en cambio, sería factible aprovechar la energía nuclear para construir un reactor nuclear, que no requiere tan grandes cantidades de material fisionable.

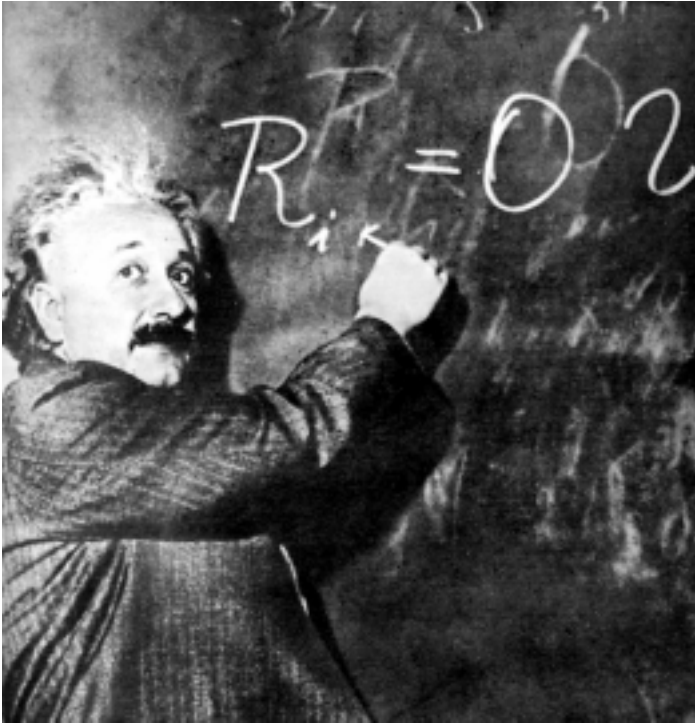
#### EL ERROR DE HEISENBERG

Como es bien sabido, gringos e ingleses desarrollaron la bomba atómica con la justificación de que, si ellos no lo hacían, los científicos alemanes lo obtendrían antes. Por supuesto, al terminar la guerra, los aliados estaban muy ansiosos de saber si sus temores tenían algún fundamento, pero el hecho es que no encontraron ninguna evidencia. De haber obtenido la más mínima prueba de que los alemanes también estaban construyendo un arma nuclear, no hay duda de que lo hubieran anunciado con bombos y platillos, pues con eso habrían justificado su propio programa militar.

Para no quedarse con la duda, los aliados, cuando invadieron Alemania, capturaron a Heisenberg, a Hahn y a una decena más de físicos alemanes involucrados en el programa nuclear, y los trasladaron en secreto a Inglaterra, donde los tuvieron recluidos durante seis meses en una mansión en el pueblo de Farm Hall. Ahí grabaron, por medio de micrófonos ocultos, todas sus conversaciones, con la esperanza de sorprender algún detalle que les diera información sobre sus actividades durante la guerra. Sería ingenuo pensar que los prisioneros no sospecharan que sus conversaciones estaban siendo escuchadas, pero aun así no dieron indicio alguno de que hubieran trabajado en algo más que un reactor nuclear. Los archivos de Farm Hall no fueron desclasificados hasta 1992, y su publicación en 1994 marcó un hito en este oscuro episodio de la guerra.

El 6 de agosto de 1945, pocos días después de que el equipo de físicos alemanes llegara a Farm Hall, la BBC anunció el lanzamiento de una bomba atómica sobre Hiroshima. Las grabaciones de ese día muestran que, al principio, los científicos alemanes se mostraron genuinamente incrédulos de que realmente se tratara de una bomba atómica. Pero, a medida que pasaban los días y llegaban más noticias, se convencieron de





Albert Einstein

que sus enemigos habían efectivamente logrado fabricar un arma nuclear. Entonces, el 14 de agosto, Heisenberg llamó a sus compañeros de cautiverio a una conferencia improvisada. Ahí, delante de ellos, y reconstruyendo todos los cálculos de memoria, volvió a evaluar la masa crítica para una explosión nuclear y obtuvo un valor entre veinte y doscientos kilogramos, sensiblemente menos que las varias toneladas que había calculado al principio de la guerra. El cálculo que realizó ese día, grabado por los ingleses, lo hubiera podido realizar cinco años antes. De no haber cometido un error en sus cuentas, hubiera podido convencer fácilmente a Hitler de desarrollar una bomba atómica.

¿Realmente se equivocó Heisenberg en 1940 cuando calculó la masa crítica para una explosión nuclear? ¿O engañó a los nazis para no entregarles un arma de destrucción masiva? Lo único que sabemos con certeza es que convenció a los líderes nazis de que apoyaran la construcción de un reactor nuclear, como única posibilidad via-

ble de aprovechar la energía atómica; un reactor cuyos usos no podían ser militares más que en forma muy indirecta. Si su error fue genuino, seguramente se sintió aliviado del grave dilema de fabricar o no una terrible arma para sus compatriotas; en este caso, encontró una solución de compromiso en un reactor nuclear, cuya construcción le permitiría conservar una posición privilegiada en la Alemania nazi y, al mismo tiempo, salvaguardar el honor científico de su patria. Si no fue un error y engañó a Hitler, entonces salvó deliberadamente a la humanidad de lo que pudo ser la peor catás-

trofe de su historia. Nunca sabremos lo que realmente sucedió en la mente de Heisenberg, pues se llevó este secreto a la tumba.

#### KLINGSOR

Volviendo a la novela de Volpi, el Klingsor de la trama es un misterioso personaje que supuestamente estaba al mando de todas las investigaciones científicas durante el régimen nazi, incluyendo los aberrantes experimentos "médicos" con prisioneros judíos y de otras razas consideradas "inferiores". La trama de la novela gira alrededor de la búsqueda de tan siniestro personaje, y aunque el desenlace de la historia queda en suspenso, a todo lo largo del texto se sugiere que el tal Klingsor debía ser Heisenberg. La novela contiene varios gazapos y las disquisiciones científicas no pasan de ser simples galimatías, lo cual muestra que el manuscrito nunca fue revisado por alguien que entienda de física. Este desconocimiento de la física se manifiesta, por ejemplo, cuando el autor describe lo que él entiende como principio de incer-

tidumbre o cuando magnifica una supuesta rivalidad entre Heisenberg y Schrödinger sobre sus distintos enfoques de la mecánica cuántica, siendo que el asunto fue aclarado rápidamente cuando Dirac mostró que los dos formalismos matemáticos son enteramente equivalentes. Al final, el autor de la novela menciona una bibliografía en la que se basó, pero en su lista no aparecen ni los archivos de Farm Hall (publicados en 1994, como ya mencioné), ni los estudios posteriores que se basaron en ellos.

Pero lo más grave es que la trama de la novela está basada en un prejuicio que es común entre el público general: la confusión entre un reactor nuclear y una bomba atómica. En el primero, se trata de aprovechar el calor generado por las reacciones en cadena en el combustible nuclear, mientras que, para el funcionamiento de la segunda, lo que se necesita es comprimir durante una fracción de segundo una masa de uranio que exceda a la crítica. Un reactor nuclear funciona con una masa de uranio menor a la masa crítica, por lo que es imposible que explote (si acaso, se pueden producir fugas radiactivas como en Chernobyl, pero eso es otro asunto). El principio físico de un reactor nuclear es el mismo que el de una bomba atómica, pero la tecnología es completamente diferente. En el caso de los alemanes, hay que aclarar que los aliados no encontraron ninguna evidencia material de que estuvieran construyendo una bomba atómica.

En cuanto a los personajes de la novela, yo no reconocí para nada al gran científico y profundo pensador que fue Heisenberg, uno de los principales fundadores de la física moderna, que revolucionó nuestra forma de percibir el mundo. Sus numerosos ensayos versan sobre temas tan diversos como la filosofía, la literatura y la historia de la ciencia, y revelan un espíritu universal de los que ya no abundan en este fin de siglo. Por otra parte, es justo señalar que en

su obra escrita, publicada tanto antes como después de la guerra, no se percibe ninguna muestra de racismo o de simpatía por la ideología nazi.

Werner Heisenberg se quedó en su patria después de la guerra y siguió trabajando hasta su muerte en 1976. Durante tres décadas, historiadores, periodistas y colegas suyos tuvieron la oportunidad de cuestionarlo sobre su colaboración con el gobierno nazi y confrontarlo con posibles pruebas de que hubiera participado en un programa militar. Si nunca lo hicieron cuando él vivía para defenderse, me parece deshonesto acusarlo aho-

ra, sobre todo cuando no se ha encontrado ninguna evidencia nueva que aporte algo inédito.

Al respecto, Carl von Weizsacker, quien colaboró con Heisenberg en el programa nuclear alemán, dijo alguna vez: "La historia tomará nota de que nosotros, en Alemania, bajo el régimen de Hitler, trabajamos en el desarrollo pacífico de la energía nuclear, mientras que los americanos y los ingleses desarrollaron una horrible arma de guerra." Es cierto que Heisenberg se quedó en su patria durante el gobierno nazi y guardó un prudente silencio sobre las atrocidades cometidas

por este régimen, pero nunca sabremos si lo hizo para salvar a la humanidad de un holocausto mayor. Lo que sí es indiscutible es que, a diferencia de muchos colegas suyos y políticos del lado contrario, no cargó sobre su conciencia horrores como Hiroshima y Nagasaki. El que se sienta libre de culpas que arroje la primera... ¿bomba?

**Shahen Hacyan**

Instituto de Física, UNAM.

(Parte de este texto fue publicado en el diario *Reforma*).

*de la solapa*

## CATÁLOGO DE ANGIOSPERMAS ACUÁTICAS DE MÉXICO

Antonio Lot, Alejandro Novelo Retana, Martha Olvera García y Pedro Ramírez García.

Cuadernos 33, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1999.

A una década de la publicación de *Angiospermas acuáticas mexicanas 1* (Lot *et al.*, 1986), las contribuciones sobre taxonomía y tratamientos florísticos de familias de plantas acuáticas vasculares se han multiplicado.

A pesar de que en estos últimos diez años se cuenta con más colecciones y un mayor número de colegas se ha interesado en el estudio de las plantas acuáticas vasculares, aún estamos lejos de asegurar que la exploración de campo se haya terminado. Por el contrario, la revisión cuidadosa del presente catálogo nos señala la carencia de información de amplias regiones de nuestro país, y la falta de monografías destaca la necesidad de profundizar en estudios taxonómicos y fitogeográficos de la mayoría de los grupos de angiospermas acuáticas distribuidas en el territorio nacional.

El presente catálogo recopila y sintetiza, toda la información derivada de las floras terminadas y en proceso, revisiones taxonómicas y, en general, nuevos registros publicados, así como la adición de nuevas colecciones incorporadas al acervo de los herbarios. Es importante hacer notar la revisión, corrección y actualización de los nombres de las angiospermas acuáticas estrictas de México.

Es importante destacar la utilidad de esta obra para que sea aprovechada aun por no especialistas en el ramo.

1. Contribuye a ilustrar globalmente la diversidad de taxa acuáticos y de formas de vida que se encuentran distribuidos en diferentes ambientes y tipos de vegetación de nuestro país.
2. Proporciona los elementos para conocer la calidad y cantidad de los taxa presentes en las colecciones de herbarios y museos del mundo, y su relación con la flora actual.
3. Permite identificar regiones geográficas o localidades de México donde se concentran numerosas especies de diversos grupos de angiospermas acuáticas o, por el contrario, localidades con los últimos vestigios de hidrófitas raras, amenazadas o posiblemente en peligro o proceso de extinción.
4. Orienta sobre las regiones poco exploradas o visitadas por colectores antes de la mitad del siglo y que no han sido nuevamente exploradas o cuyo ecosistema ha sido drásticamente modificado.
5. Permite detectar especímenes mal ubicados bajo nombres incorrectos en colecciones herborizadas y en consecuencia, su posible enmienda en cuanto a su identificación y reubicación en el herbario.

(Fragmento de la introducción).

